

# 基于 TMS320F28335 的 RDDV 阀控制器设计

阮峥,毛良,魏浪

(航空机电系统综合航空科技重点实验室 航空工业南京机电液压工程研究中心,江苏 南京 211106)

**摘要:**旋转直接驱动阀是伺服阀的一种,它通过电机的偏心机构直接驱动伺服阀的滑阀,还能实现阀芯位置的高精度检测,从而控制流量。设计了一种基于 TMS320F28335 的旋转直接驱动伺服阀控制器,运用数字控制技术,对控制器进行硬件和软件设计,并进行试验验证。结果表明,控制器具有电路结构简单、运算速度快、控制灵活的特点。

**关键词:**伺服阀;TMS320F28335;控制器;设计

**中图分类号:**TH164 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2020)01-0202-03

## Design of RDDV Valve Controller Based on TMS320F28335

RUAN Zheng, MAO Liang, WEI Lang

(Aviation Science and Technology Key Laboratory of Aviation Mechanical and Electrical System, China Aviation Industry Nanjing Electrical and Hydraulic Engineering Research Center, Nanjing 211106, China)

**Abstract:** Rotary direct drive valve is a kind of servo valve. It is used to directly drive the sliding valve of servo valve through the eccentric mechanism of the motor and realize the high-precision detection of the position of the valve core, thus controlling the flow rate. This paper designs a rotary direct drive servo valve controller based on TMS320F28335. Using digital control technology, the hardware and software of the controller are designed and tested. The results show that the controller is characteristic of simple circuit structure, fast operation speed and flexible control.

**Keywords:** servo valve; TMS320F28335; controller; design

## 0 引言

随着电子技术的进步,伺服阀的研究和应用得到了迅猛的发展。电液伺服阀是较早出现的一种伺服阀,它能在接受电信号后输出调制的流量和压力,但由于其抗污染能力差,在应用时受到很大限制。为解决这种问题,国内外厂家推出直接驱动阀(DDV)<sup>[1-2]</sup>。直接驱动阀利用直线位移力马达直接驱动阀芯,具有质量轻、体积小、费用低、内漏小、可靠性高等优点。旋转直接驱动阀(RDDV)是直接驱动阀的一种,出现在 20 世纪 90 年代。国外将电子控制器运用到旋转直接驱动阀中,使这类伺服阀数字化应用更加广泛。

近些年,国内在这方面的研究也在广泛展开,但是在 RDDV 阀的控制方面还比较少。基于 RDDV 阀的特点,目前实际应用的 RDDV 阀控制器还是主要以模拟电路搭建的为主,结构复杂,可靠性低,控制规律改变时更改调试困难。基于这种现状,本文设计一种新型旋转直接驱动阀控制器。控制器以 TMS320F28335 为核心,降低控制电路复杂程度,减小体积,提高可靠性。

## 1 旋转直接驱动阀简介

旋转直接驱动伺服阀(RDDV)是直接驱动阀的一种,主要由滑阀级、有限转角力矩电机以及相应的控制器构成,通过电机轴端的偏心机构将电机的旋转运动转化为阀

芯的直线运动<sup>[3]</sup>。之后,阀芯突肩与壳体通油槽形成开口,让油量通过,因此可以通过控制阀芯的位置来控制流量的大小和方向。RDDV 伺服阀内部含有位置传感器,这是一种线性霍尔传感器,可以精确测量阀芯位置,并提供位置反馈信号。反馈信号与电机旋转角度成线性关系,如图 1 所示。控制器利用反馈信号进行运算,输出 PWM 波驱动有限转角力矩电机,就可以实现闭环控制。实际使用时,要给位置传感器供+10 VDC。目前 RDDV 伺服阀广泛应用于航空、航天、民用机电等行业的伺服控制。

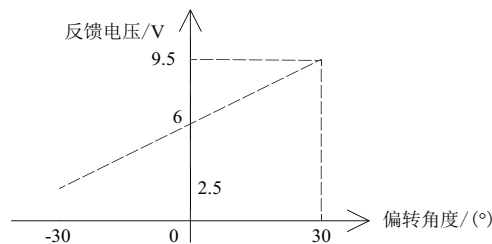


图 1 典型 RDDV 阀转角-电压输出特性

## 2 控制器方案

控制器整体结构如图 2 所示。LMD18200T 为驱动芯片, DSP 为主控制器。RDDV 上的反馈传感器测量有限转

角力矩电机当前的偏转角度。上位机输入指令为 RDDV 的目标偏转角度(实际上对应于液压的开口方向和流量)。DSP 获得指令和反馈信号后进行运算,得到电机偏转的方向和转速;再输出两路 PWM 波,经电平转换芯片转换后送至 LMD18200T 的 PWM 输入脚和 DIR 输入脚,由此驱动电机旋转,进而带动阀芯运动;同时传感器测量电机偏转角度并由 A/D 转换为数字信号,与指令进行比较,重复以上过程,直到电机的偏转角度满足要求。该控制器运用数字控制技术,具有运算速度快、结构简单、可靠性高的特点。

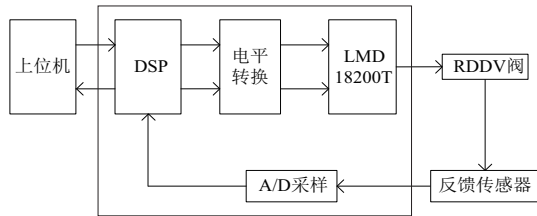


图 2 控制器结构框图

### 3 控制器硬件设计

LMD18200T 是一种由某半导体公司生产的功率集成电路,专用于直流电动机驱动,内部包括 4 个 DMOS 管构成的 H 桥及其逻辑控制电路。芯片内部的 H 桥驱动器由 4 个 DMOS 管构成,通过充电泵电路为 4 个 DMOS 管提供栅极控制电压,允许工作频率可通过在 1、2 脚和 11、12 脚之间接入电容来提升。引脚 2 和 10 是输出端,接直流电机电枢的两端。引脚 3、4、5 分别为方向输入端、刹车输入端、PWM 信号输入端,三者配合使用,控制电机的转向和转速。LMD18200T 的驱动方式有两种。第一种是单极性驱动,PWM 信号由方向信号与幅值信号组成。幅值由 PWM 信号的占空比决定,零脉冲时代表零电压,方向则由方向信号的高低决定<sup>[4]</sup>。DIR 脚为高电平时电机正转,DIR 脚为低电平时电机反转。使用时将方向信号接到方向输入端,将 PWM 信号接到 PWM 输入端。第二种是双极性驱动,PWM 信号中既包含方向信息又包含幅值信息,占空比为 50% 时代表零电压,>50% 时电机正转,<50% 时电机反转。使用时,将此信号加到方向输入端,同时将 PWM 输入端置高电平。

驱动部分原理图如图 3 所示。PWM 脚为高电平,DIR 脚为控制信号,两个信号都由 TMS320F28335 输出。LMD18200T 的最高工作电压为 55 V,结合 RDDV 伺服阀的工作特性,选择输入 28 V 直流电压。接入电容进行滤波,再接入发光二极管来显示工作状态。

TMS320F28335 DSP 是 TI 公司推出的 32 位浮点数字控制处理器,外设丰富,封装多样,在电机控制、通信、医疗、航空航天等领域有广泛的应用<sup>[5]</sup>。TMS320F28335 DSP 整合了 Flash 存储器、快速的 A/D 转换器、增强的 CAN 模块、事件管理器、正交编码电路接口及多通道缓冲串口等功能<sup>[6]</sup>,具有强大的控制和信号处理能力,能够完成复杂的控制算法<sup>[7]</sup>。考虑到 RDDV 阀的工作特性,本控制器将控制周期和采样周期设置为

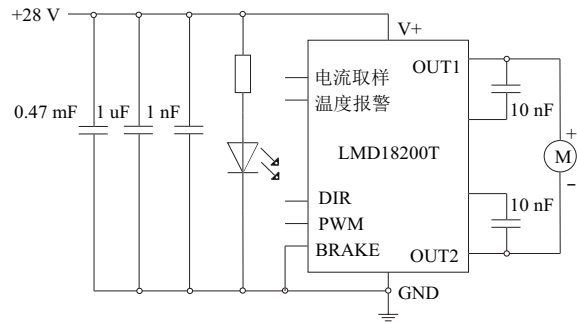


图 3 驱动电路原理图

100  $\mu$ s,产生的 PWM 信号频率为 10 kHz。TMS320F28335 的主频高达 150 MHz,可以满足要求。

F28335 中每个 ePWM 模块由两路 ePWM 输出组成,分别为 ePWMxA 和 ePWMxB,共有 6 对这样的模块。除此之外还有 6 个 APWM,这 6 个 APWM 通过 CAP 模块扩展配置,所以可以认为 F28335 最多有 18 路 PWM 输出。由于 F28335 输出 PWM 波的高电压为 3.3 V,而 LMD18200T 需要的驱动电压高电平为 5 V,所以需要用到能够将 3.3 V 转到 5 V 的电平转换芯片。SN74LVC4245A 是 TI 公司生产的一种带三态输出的电平转换芯片,使用方便,可靠性高。使用时先把  $\overline{OE}$  接地,否则输出为高阻态。DIR 脚决定转换方向,将 DIR 脚接地,就设置成 B 组为输入、A 组为输出,然后将 VCCB 接 3.3 V,VCCA 接 5 V,就可以实现 3.3 V 到 5 V 的电平转换<sup>[8-9]</sup>。本控制器中驱动芯片 LMD18200T 采用双极性驱动,PWM 信号中既包含方向信息又包含幅值信息。经 SN74LVC4245A 转换后,DSP 输出给 PWM 脚、DIR 脚的波形与 LMD18200T 输出波形之间的理想关系如图 4 所示。

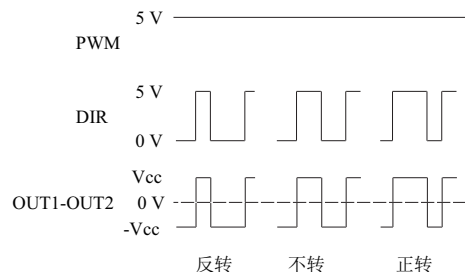


图 4 双极性驱动方式的理想波形

F28335 片内集成的 ADC 转换模块的核心资源是一个 12 位的模/数转换器,由 16 个采样通道复用两个采样保持器,模拟电压输入范围为 0~3 V。若采样输入电压范围超出,可以采用电阻分压,也可以考虑外扩。AD7606 是一款 8 通道的 A/D 采样芯片,通过配置相关的引脚可以选择模拟电压输入范围以及 I/O 的控制电平。AD7606 的模拟电压输入范围有两种,分别是 -5~+5 V 和 -10 V~+10 V,由 RANGE 脚决定。VDRIVE 脚是逻辑电平输入脚,要求范围是 2.3 V~5 V,为配合 F28335 的 3.3 V 的电平,VDRIVE 脚接 3.3 V 电压。AD7606 的转换结果通过数据总线接到 F28335 的总线引脚,再配置片选信号和读写信号,就可以完成 A/D 采样<sup>[3]</sup>。

### 4 控制器软件设计

主程序软件流程图见图 5。初始化之后,与上位机通讯得到指令信号,采集得反馈信号,计算得到偏差,然后根据增量式 PID 算法得到控制量。这里 LMD18200T 采用双极性驱动方式,在这种驱动方式下,PWM 脚接高电平,电机的转速和转向由 DIR 脚决定,所以 DIR 脚波形占空比的增量即为控制量。之后 LMD18200T 驱动电机转动,位置反馈传感器传送新的位置反馈信号,等下一个采样时刻到了之后 DSP 读取新的反馈信号,计算新的偏差和新的控制量来驱动电机,直到偏差符合要求。

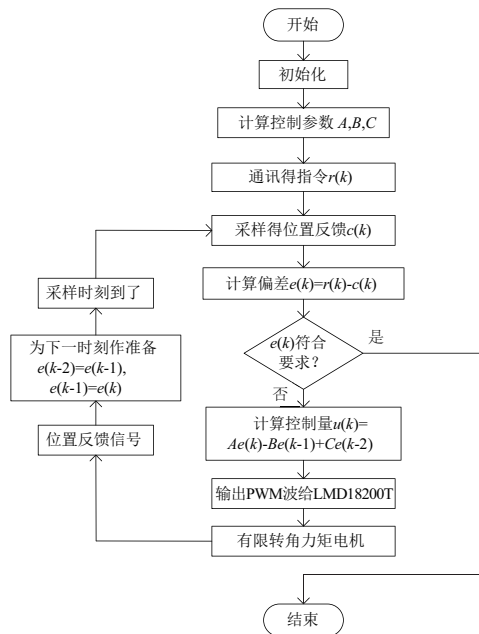


图 5 软件流程图

### 5 试验验证

根据软件流程,在 CCS5.5 环境中编写 DSP 程序,再搭建相关电路并连接 RDDV 进行验证。图 6 是指令和反馈在不同大小关系情况下用示波器测得的 LMD18200T 管脚波形,其中 1 通道是 LMD18200T 的 PWM 脚对地的波形,2 通道是 LMD18200T 的 DIR 脚对地的波形,最后一通道是 LMD18200T 的输出端 OUT1-OUT2 的波形。经过比较可以看出,针对指令和反馈的大小关系,控制器可以输出不同占空比的波形来驱动 RDDV 阀,使阀内的有限转角力矩电机能往不同的方向转动,同时能有效控制液压的方向和流量。

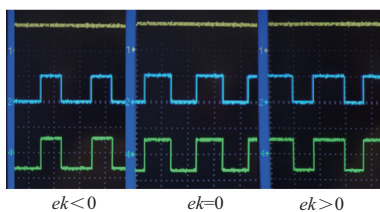


图 6 不同工作状态下 LMD18200T 管脚波形

图 7 是当指令从 3V 变化到 6V 时,反馈信号的变化曲线。从图中可以看出,随着指令的变化,反馈能跟随指令进行变化。主要性能参数:上升时间为 6.8ms,调节时间为 18ms,超调量为 36.7%,稳态误差在 0.1V 以内。

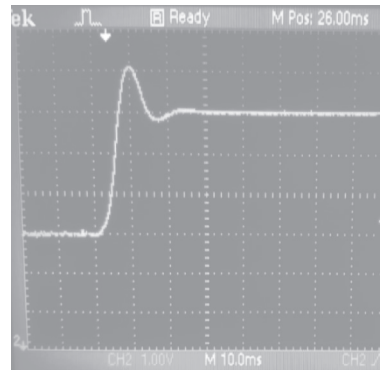


图 7 反馈随指令的变化曲线

### 6 结语

本文将 TMS320F28335 应用到 RDDV 阀控制器当中,通过获取指令和反馈的偏差,利用 PID 调节输出 PWM 波给驱动芯片 LMD18200T,进而控制电机的偏转角度。试验结果表明,LMD18200T 能够输出理想占空比的 PWM 波驱动电机,阀的位置反馈也能跟随指令的变化而变化。试验过程中通过对 RDDV 阀液压流量及方向的监控结果表明,本文提出的对 RDDV 阀的数字化控制达到了设计的目标。

#### 参考文献:

- [1] 孙镇辉,付华军. 某型旋转直接驱动伺服阀结构改进设计[J]. 机床与液压,2015(8):417-419.
- [2] 夏立群,张新国. 直接驱动阀式伺服作动器研究[J]. 西北工业大学学报,2006(3):41-48.
- [3] 王伟. 基于 FPGA 的电子式互感器数据采集系统的设计[D]. 西安:西安理工大学,2017.
- [4] 朱达书,朱齐丹,陈凯. 非驱动关节机器人模型的设计与实现[J]. 应用科技,2005,32(1):50-52.
- [5] 郭凯旋,徐龙祥. 基于 TMS320F28335DSP 的磁悬浮轴承数字控制器的研究与设计[J]. 机械制造与自动化,2018,47(4):184-187.
- [6] 张嘉辉. 基于 IEC60870-5-103 规约的母线弧光保护的研究[D]. 长沙:湖南大学,2017.
- [7] 卢亚普,王海艳,张庆鹏,等. AD7606 在测井采集模块中的应用与设计[J]. 电子测量技术,2014(1):105-108.
- [8] 付华军. 某新型 RDDV 伺服阀的设计与仿真分析[J]. 液压与气动,2014(1):49-52.
- [9] 李晓,李芮,王志斌,等. 基于 DSP 和 FPGA 的 CAN 总线通信系统设计[J]. 计算机测量与控制,2015,23(1):284-287.
- [10] 徐龙威,杨帆,徐令令,等. 基于 TMS320F28335 无刷直流电机控制系统设计[J]. 电子测量技术,2013,36(9):79-81.

收稿日期:2018-11-12